

**Memoria del proyecto de innovación docente ID11/219**

**Elaboración en vídeo de clases sobre  
propiedades de las Redes de Kirchhoff  
para ser puestas en el sitio web del área  
de Ingeniería Eléctrica**

27 de junio de 2012

Miembros del equipo:

Félix Redondo Quintela

Roberto Carlos Redondo Melchor

Norberto Redondo Melchor

Juan Manuel García Arévalo

# Elaboración en vídeo de clases sobre propiedades de las Redes de Kirchhoff para ser puestas en el sitio web del área de Ingeniería Eléctrica

F. R. Quintela, R. C. Redondo, N. R. Melchor y J. M. G. Arévalo

## Antecedentes

Desde el año 2000 venimos desarrollando el sitio web del *Área de Ingeniería Eléctrica* <http://www.usal.es/electricidad/> gracias al trabajo informático de Roberto C. Redondo Melchor, miembro del equipo de este proyecto de innovación docente, con contenidos elaborados por los autores que en cada caso si indican, todos miembros de este equipo. A lo largo de estos años se han ido creando diferentes secciones dirigidas unas a la docencia reglada, como las secciones que se dedican a asignaturas concretas, y la sección del juego de las cuestiones, que sirve para que el alumno mida su grado de conocimiento sobre aspectos concretos de la Teoría de Redes Eléctricas; pero también otras secciones de informaciones complementarias, entre las que se incluye un diccionario de términos de ingeniería eléctrica, que cuenta ya con más de 600 entradas, y una sección de comentarios técnicos; y otras dedicadas a la difusión de resultados de investigación.

En esta sección se incluyen clases en vídeo en lecciones cortas de diversos temas que forman parte de asignaturas del Área de Ingeniería Eléctrica. Cada lección se incorpora cuando está preparada, sin esperar a tener el tema completo. Para poder ver los vídeos correctamente debe tener instalado en su ordenador [QuickTime 7.0 o superior](#) (descarga gratuita en el sitio web de Apple). Recuerde que puede detener la imagen para una comprensión más reposada de fórmulas, figuras o enunciados.

### TEORÍA DE LAS REDES DE KIRCHHOFF

F. R. QUINTELA, R. C. REDONDO, MARGARITA REDONDO

Este tema muestra las leyes de Kirchhoff no como propiedades de las intensidades y de las tensiones eléctricas, sino como propiedades topológicas. De esta manera se crea una teoría axiomática abstracta, que hemos llamado *Teoría de las Redes de Kirchhoff*, que consta de las propiedades que se extraen exclusivamente de las dos leyes. La construcción abstracta de la teoría facilita su aplicación a otros sistemas distintos de las redes eléctricas.

#### LECCIÓN PRIMERA - LEYES DE KIRCHHOFF



(Duración: 04:56,  
Tamaño: 28.2 MiB)

Primera lección en vídeo del tema Teoría de las Redes de Kirchhoff. Comienza enunciando las dos leyes de Kirchhoff, como propiedades de las redes eléctricas, que fue como las dio a conocer Gustav Robert Kirchhoff en 1845. Pero la lección termina mostrándolas como propiedades topológicas exclusivamente, sin atribuirles a ninguna variable física concreta.

Una de las secciones del sitio web es la que denominamos *Clases en vídeo* <http://www.usal.es/electricidad/Principal/Circuitos/VideoClases/Principal.php>, iniciada en el 2010. La primera parte de su elaboración consistió en siete clases sobre la materia que hemos denominado *Teoría de las redes de Kirchhoff*. La aceptación de ese complemento de la enseñanza fue muy buena, en especial por parte de los alumnos matriculados en las asignaturas de ingeniería eléctrica, principalmente en Teoría de Circuitos, pero también de personas interesadas de distintos países procedencia. Esta aceptación inicial nos movió a seguir creando lecciones hasta completar, al menos, la parte básica de la materia *Teoría de las redes de Kirchhoff*. Para eso fue solicitado el proyecto de innovación docente al que se refiere esta memoria, y que ha sido ejecutado en su totalidad.

## **Principios en los que se ha basado la elaboración de las clases en vídeo**

Los principios fundamentales sobre los que se ha basado la elaboración de las lecciones han sido:

1. Identificación muy precisa y limitada de cada tema de la lección.
2. El tema de cada lección ha de ser consecuencia inmediata de los anteriores, para que la continuidad expositiva no se pierda y sea posible una más fácil comprensión de todos los contenidos.
3. Como en las lecciones anteriores, la duración de cada lección no debe superar cinco minutos, intentando un tiempo ideal comprendido entre tres y cuatro minutos.
4. La explicación oral ha de ser simultáneamente acompañada con la exposición visual, que debe complementarla atrayendo la atención en la pantalla sobre el objeto concreto de cada instante, principalmente con la animación de ese objeto, con la animación de fórmulas o las partes de ellas que correspondan a cada parte de la

dicción, de la explicación, y lo mismo con figuras o partes de ellas, como ramas y nudos de las redes. La sincronización de la expresión oral y la animación de los objetos de la pantalla ha de ser permanente, buscando el mejor entendimiento de lo que se expone.

5. El lenguaje ha de ser preciso y escueto. Hay que limitarse a decir con nitidez lo que se quiere expresar, sin utilizar palabras o expresiones que puedan dirigir la atención fuera del objeto fundamental de la parte del discurso de cada momento.

Estos principios han sido el resultado del contraste de diferentes investigaciones realizadas sobre clases elaboradas por otras universidades del mundo, y por la experiencia, que hemos ido acumulando en la realización de cada vídeo de los anteriores.

Con estas reglas de elaboración las clases resultan concisas, con gran densidad de contenido. Pero la concisión y la consecuente densidad no son obstáculos para la claridad, pues el vídeo puede pararse en cualquier momento para leer, entender y reconsiderar todo lo escrito en la pantalla: deficiencias, fórmulas, figuras..., sin límite de tiempo.

Tenido esto en cuenta, es imprescindible la precisión de los conceptos que se exponen y la máxima claridad de esa exposición, conseguida gran parte de las veces con la animación adecuada sobre la pantalla de frases, fórmulas, letras, líneas, flechas e imágenes. Este trabajo, de gran importancia y también de gran complejidad de programación, ha llevado la mayor parte del tiempo dedicado a este proyecto.

Las grabaciones, tanto de vídeo como de sonido, han sido rigurosamente seleccionadas, y montadas después con minuciosidad para conseguir la máxima calidad posible con los medios de que se ha dispuesto.

Todo ese trabajo técnico ha sido realizado por Roberto C. Redondo Melchor, sin ninguna asistencia técnica exterior.

## Resultados del proyecto de innovación docente ID11/219

El proyecto de título "Elaboración en vídeo de clases sobre propiedades de las Redes de Kirchhoff para ser puestas en el sitio web del área de Ingeniería

Eléctrica" ha tenido

como objetivo incorporar a la sección "Clases en Vídeo" del sitio web del Área de Ingeniería Eléctrica de la

LECCIÓN OCTAVA - REDES DE KIRCHHOFF TRANSFORMADAS



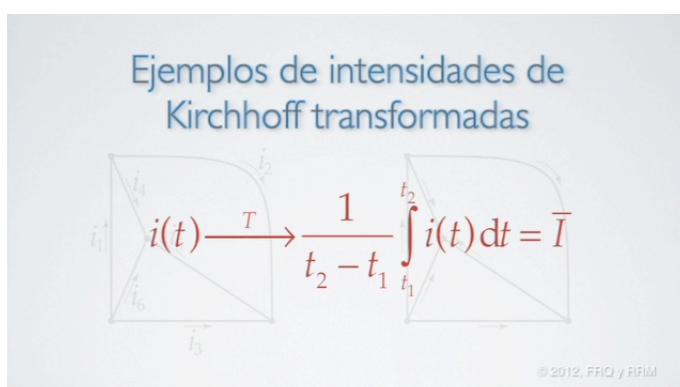
En esta lección se demuestra que las transformaciones lineales de intensidades de Kirchhoff de una red dan intensidades de Kirchhoff de esa red; y que las transformaciones lineales de tensiones de Kirchhoff de una red dan tensiones de Kirchhoff de esa red. Por tanto, se pueden obtener redes de Kirchhoff por medio de transformaciones lineales de otras redes de Kirchhoff.

(Duración: 03:50, Tamaño: 25.4 MiB)

Universidad de Salamanca <http://www.usal.es/electricidad/> varias lecciones para ir completando el tema *Teoría de las Redes de Kirchhoff*, ya iniciado con un proyecto de innovación docente anterior. En concreto se han elaborado las siguientes clases:

### Lección 8.- Redes de Kirchhoff Transformadas

En ella se demuestra que las transformaciones lineales de las intensidades de Kirchhoff de una red dan intensidades de Kirchhoff de esa red; y que las transformaciones lineales de tensiones de Kirchhoff de una red dan tensiones de Kirchhoff de esa red.



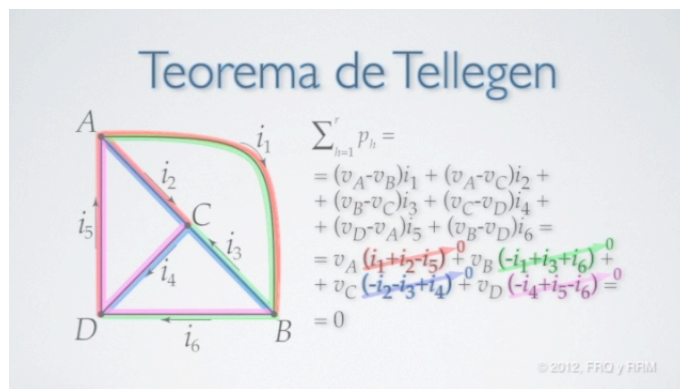
Esta propiedad permite, desde luego, obtener infinitas redes de Kirchhoff a partir de otra dada por medio de transformaciones lineales de las intensidades y tensiones de la red original. Pero también muestra

con claridad qué transformaciones dan redes de Kirchhoff a partir de una dada, y, por tanto, cuándo se pueden seguir aplicando a la red las propiedades de las redes de Kirchhoff después de haber hecho transformaciones en ella. En concreto, la tesis con en

la que esta lección concluye permite asegurar, por ejemplo, que la derivación, la obtención de valores medios, la obtención de fasores y de sus conjugados, y la transformación de Laplace sobre tensiones e intensidades de una red de Kirchhoff, que son transformaciones frecuentes en las redes eléctricas, originan siempre redes de Kirchhoff, y sobre esas nuevas redes pueden seguir aplicándose todas las propiedades de las redes de Kirchhoff.

### Lección 9.- Teorema de Tellegen

Esta lección está dedicada al teorema de Tellegen, que para las redes eléctricas expresa que la suma de las potencias eléctricas que absorben todas las ramas de una red es cero. Aquí se demuestra que es una propiedad de todas las redes de Kirchhoff, por lo que pueda aplicarse a muchos otros sistemas, entre ellos todos los que en la lección sexta se pusieron como ejemplos de sistemas que pueden ser descritos por redes de Kirchhoff.



### Lección 10.- Ramas en serie y ramas en paralelo, y conjuntos de corte

En esta lección se demuestra que las ramas que están en serie en una red de Kirchhoff tienen la misma intensidad y que las que están en paralelo tienen la misma



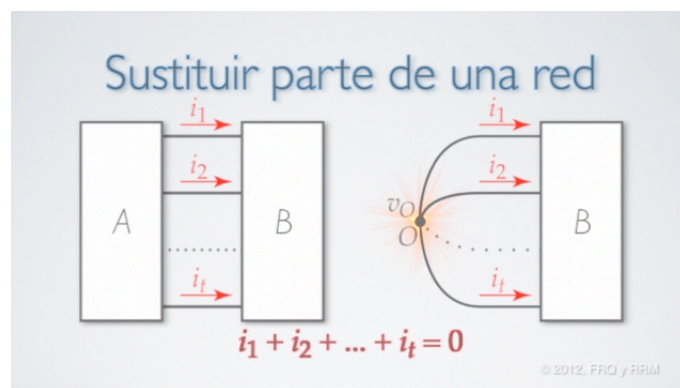
tensión. Se crea el concepto de conjunto de corte, de gran utilidad en el análisis de redes eléctricas y, en general, de todas las redes de Kirchhoff, y se demuestra que las intensidades de Kirchhoff de las ramas de

cada conjunto de corte suman cero, lo que permite asegurar que la suma de las intensidades de las ramas que unen dos partes de una red de Kirchhoff es cero,

conclusión importante para las redes eléctricas, pero también para otros sistemas que pueden describirse por medio de redes de Kirchhoff.

### Lección 11.- Redes de Kirchhoff equivalentes

En esta lección se da una definición precisa de redes de Kirchhoff equivalentes, un concepto muy utilizado en el análisis de redes eléctricas, pero extendido aquí a todas las redes de Kirchhoff. Se muestran, además, procedimientos generales para obtener redes de Kirchhoff equivalentes de otras.



La utilidad de disponer de redes de Kirchhoff equivalentes de otras es que, en ocasiones, se averiguan más fácilmente propiedades de redes de Kirchhoff muy complejas analizando alguna de sus redes equivalentes de análisis más sencillo. De hecho esta es la única forma de conocer y controlar el funcionamiento de redes tan extensas como los sistemas eléctricos de energía.

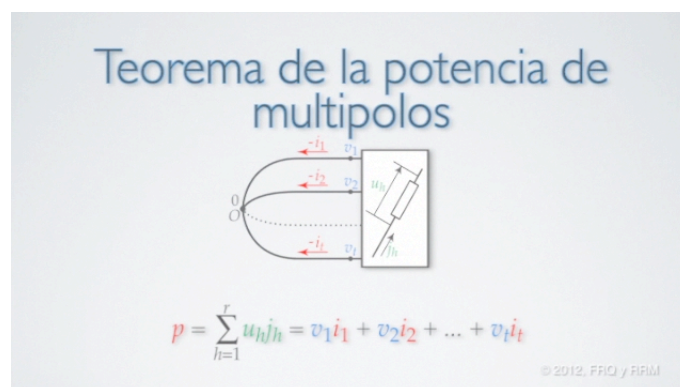
### Lección 12.- Teorema de la potencia de multipolos

Las dimensiones de los sistemas que pueden describirse por medio de redes de Kirchhoff suelen ser considerables, a veces enormes. Este es el caso de los sistemas eléctricos de energía. En general, el análisis completo de cualquiera de ellos requeriría una red de Kirchhoff difícil de representar, cualquiera que sea el medio que se utilice.

Pero en realidad, para el gobierno y control de esos sistemas nunca se requiere el conocimiento simultáneo de las variables de todas sus ramas y pares de nudos, sino que,

en general, es suficiente conocer o hallar ciertos valores en los puntos donde una parte de la red se une al resto.

Con este fin se crea en esta lección el concepto de multipolo de Kirchhoff, que es cada parte de una red de Kirchhoff que se une al resto de la red por un conjunto de nudos, que se llaman terminales, y se demuestra el teorema de la potencia de multipolos. Este teorema permite hallar la suma de las potencias que absorben todas las ramas de una parte de una red, por extensa y compleja que sea, por medio de variables medidas en los puntos en que esa parte de la red se une al resto, por medio de variables medidas en sus terminales.



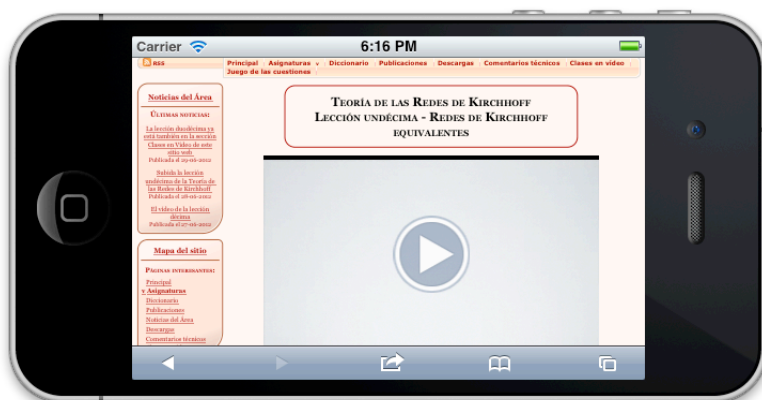
Este teorema es de gran importancia y utilidad para las redes eléctricas, pero, al ser una propiedad de todas las redes de Kirchhoff, es útil también para todos los sistemas que pueden ser descritos por medio de redes de Kirchhoff.

El objetivo del proyecto ha sido, por tanto, totalmente cumplido, de forma que ya se encuentran en la sección "Clases en vídeo" del sitio web <http://www.usal.es/electricidad/Principal/Circuitos/VideoClases/> las cinco clases elaboradas, con duraciones de 3 minutos 50 segundos; 3:15; 3:45; 3:46; y 3:22 respectivamente. En total 17 minutos y 58 segundos. Esos vídeos deben considerarse parte justificativa principal de esta memoria.

Lo elaborado se ha realizado en HTML5, como todo lo anterior, para permitir que el visitante del sitio web pueda reproducir los vídeos directamente en su navegador, sin necesidad de que instale ningún programa adicional, siempre que su navegador sea



suficientemente moderno (que admita el lenguaje HTML5). Sin embargo aquellos navegadores que no lo admitan pueden descargarse un plugin para visualizar este contenido, lo que aumenta su difusión.



Además, se han escogido un tipo de compresión y tamaño de imagen que permiten que estos vídeos, igual que los anteriores, puedan reproducirse también en gran cantidad de dispositivos móviles, como el iPad, iPod, iPhone, PSP, etc.